

災害率 豫測에 근거한 사업장별 無災害 目標時間의 設定
Establishment of Zero-Accident Goal Period
Based on Time Series Analysis of Accident Tendency

최 승 일* 임 현 교**
Seung Il Choi Hyeon Kyo Lim

ABSTRACT

If zero-accident movement is to be successful, the objective goal period should be surely obtainable, and much more in our country where frequency rate of injury are remarkably fluctuating.

However in our country, as far as we know, no method to establish a reasonable zero-accident goal period is guaranteed.

In this paper, a new establishing-method of reasonable goal period for individual industry with considering recent accident trend is presented.

A mathematical model for industrial accidents generation was analyzed, and a stochastic process model for the accident generation interval was formulated. This model could tell the accident generation rate in future by understanding the accident tendency through the time-series analysis and search for the distribution of numbers of accidents and accident interval.

On the basis of this, the forecasting method of goal achievement probability by the size and the establishment method of reasonable goal period were developed.

기 호

- Ey_t : 제t년도의 예측 재해발생률
- $F \tau_i(t)$: t기간안에 i번째 재해가 발생할 확률
i=1, 2, 3, ...

* 正會員 : 충북대학교 대학원

** 正會員 : 충북대학교 산업안전공학과

- FR_t : 도수율; 재해발생 건수/년 근로시간수×10⁶ 시간
- N_t : 0에서 t까지의 기간동안 발생하는 재해 건수
- Rτ_i(t) : t기간안에 i번째 재해가 발생하지 않을 확률
- T_i : i번째 재해의 발생 시점
- τ_i : i-1 번째 재해로부터 i번째 재해까지의 경과시간
- fτ_i(t) : i번째 재해발생 간격의 확률밀도함수
- m(t) : t기간동안의 평균 재해발생 건수의 기대값 함수
- n : 예측기간
- α : 평활상수(0 ≤ α ≤ 1)
- α_i : 가중치(∑ α_i=1)
- λ(t) : 재해 발생률
- λ_{y_t} : 제 t년도의 실제 재해발생률(건/만 시간)
- ℒ{f_n(t)} : 재해발생 밀도함수 f_n의 Laplace 변환

1. 서 론

우리나라의 산업재해는 산업 규모의 확대와 구조의 다양화에 비례해서 발생 빈도가 증가하고 있으며, 그 양상 또한 복잡하게 전개되고 있다. 산업재해로 인한 사망자가 1일 평균 6명에 이르는 현실에 비추어 볼 때 재해발생 후 재해자에 대한 보상과 관리도 중요하지만 재해를 미연에 방지하는 예방책이 더욱 강조되어야 함은 당연한 일이다.

그러나 우리나라의 재해 현황은 다른 나라에 비해 그 빈도나 강도에 있어 월등히 높고 일정 추세 파악이 어려운데, 그 이유는 사회적 여건이나 경제적 경기변동 등 산업안전 외적인 요인에 많은 영향을 받기 때문이다.

이러한 상황에서 무재해운동 운영 규정 등에 명시된 목표시간만을 맹신한다거나, 금년도 도수율만을 근거로 내년도 계획을 세운다거나 하는 것이 불합리하다는 것은 당연한 일이지만, 이제까지 국내에서는 이에 대해 연구된 바 없었다.

본 연구는 이러한 문제를 연구 대상으로 하여, 각 사업장에서 자신의 수준에 맞게 다음 년도 혹은 다음 분기의 무재해 목표시간을 설정하고, 그 목표를 달성할 확률이 얼마나 되는지를 자가진단할 수 있는 방법을 개발, 제시하였다.

2 재해발생 과정의 추계적 모형화

2-1 재해발생 과정의 특성

산업재해의 발생원인을 고찰해 보면 우연에 가까운 경우부터 복잡적 요인들이 연관되어 발생하는 경우까지 아주 다양하기 때문에 그 현상을 제대로 파악할 수 없다. 이러한 상태에서 사업장의 근로자들에게 무재해를 독려하기 위해서는 목표시간이 합리적이고 타당성이 있어야 함은 물론이다.

복잡하고 다양한, 특히 시간에 따라 상태가 변화하는 현상을 이해하기 위해서는 몇 가지의 가정을 전제로 모형화, 단순화하지 않을 수 없다.

일반적인 산업재해 발생과정에 대해서는 다음과 같은 몇 가지 가정이 전제될 수 있다.

[가정 A] 재해 발생은 非可逆 현상이므로 발생건수는 감소할 수 없다.

[가정 B] 매우 짧은 시간간격 Δt 동안에 단 한번의 재해가 일어날 확률은 시간 간격의 길이에 비례하며 그 시간간격 외부에서 발생하는 재해건수와는 무관하다.

[가정 C] 단위시간 간격에서 발생하는 재해건수는 서로 겹치지 않는 다른 시간간격에서 발생하는 재해건수와 독립이다.

[가정 D] 매우 짧은 시간간격에서 2회 이상의 재해가 일어날 확률은 드문 사상으로 무시할 수 있다.

이상의 가정에 대해 타당성을 검토하여 재해발생 과정을 추계적 과정으로 모형화하였다.

추계적 과정(stochastic process)이란 시간을 조변수로 하는 확률변수의 집합으로써 시간과 함께 변동하는 우연량을 집합적으로 나타낸 것인데, 시스템의 두 확률변수, 즉 상태변수와 관측시간 변수의 연속·이산적인 성질에 따라 4가지 모형으로 분류될 수 있다. 이 중 산업재해의 발생과정은 이산상태, 연속시간 모형중 특히 Poisson process에 해당된다.

2-2 추계적 모형

[가정 B]에서 재해발생률이 시간에 따라 변화하여 일반적으로 $\lambda(t)$ 의 형태를 갖는 경우, 이러한 과정을 non-homogeneous 또는 non-stationary process라 한다.

가. 재해발생 간격의 추정

임의의 시간 t에 대해서 각각의 재해발생 시점 T_1, T_2, \dots 이 non-stationary Poisson process를 따른다고 할 때, $[0, t]$ 시간 동안에 발생하는 평균 재해건수를 나타내는 기대값 함수를 $m(t)$ 라 하면

$$m(t) = E\{N_t\} = \int_0^t \lambda(w)dw \quad (1)$$

$$\text{단, } m(0) = E\{N_0\} = 0$$

의 관계에 있다.

그런데 Cinlar¹¹⁾에 의하면 $m(T_n) - m(T_{n-1})$ 은 T_1, \dots, T_{n-1} 에 대해 독립이며, 발생률이 1인 지수분포를 따르므로, n번째 재해에 대한 재해발생 간격의 분포함수는

$$\begin{aligned} P\{T_n - T_{n-1} < t \mid T_1, \dots, T_{n-1}\} \\ &= P\{\tau_n < t \mid T_1, \dots, T_{n-1}\} \\ &= F\tau_n(t) \\ &= 1 - \exp\{-[m(T_{n-1} + t) - m(T_{n-1})]\} \end{aligned} \quad (2)$$

이다.

$$\begin{aligned} f\tau_n(t) &= dF\tau_n(t) / dt \\ &= dm(T_{n-1} + t) / dt \cdot \exp\{-[m(T_{n-1} + t) - m(T_{n-1})]\} \end{aligned} \quad (3)$$

가 되고,

$$F\tau_1(t) = 1 - \exp\{-m(t)\} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} f\tau_1(t) &= dF\tau_1(t) / dt \\ &= dm(t) / dt \cdot \exp\{-m(t)\}, t \geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

가 된다.

한편, 기간 t동안에 재해가 발생하지 않을 확률함수는

$$\begin{aligned} R\tau_1(t) &= P\{\tau_1 > t\} \\ &= \exp\{-m(t)\} \end{aligned} \quad (6)$$

이다. 그런데 식 (3)과 식 (1)에서 보는 바와 같이 $f\tau_n(t)$ 는 $m(t)$ 의 함수이고 $m(t)$ 는 다시 $\lambda(t)$ 의 함수이므로 결국 non-homogeneous Poisson process는 전적으로 재해발생률 함수 $\lambda(t)$ 의 형태에 의존하게 됨을 알 수 있다.

Cinlar¹¹⁾, Parzen¹²⁾ 등에 의하면 시간에 따라 발생률이 감소하는 경우에는 일반적으로

$$\lambda(t) = \alpha \exp(-\beta t), t \geq 0, \beta \neq 0, \alpha \geq 0 \quad (7)$$

으로 표현되는데 이 형태는 β 의 부호에 따라 증감한다.

현실적으로 재해발생률은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 구간별로 증감의 변동을 반복하고 있으므로 이 모형은 타당하다고 생각된다.

이 경우

$$m(t) = -\alpha / \beta [\exp(-\beta t) - 1], t \geq 0 \quad (8)$$

이고, 식 (4)에 의해

$$\begin{aligned} F\tau_1(t) &= 1 - \exp\{-m(t)\} \\ &= 1 - \exp\{-\alpha / \beta [\exp(-\beta t) - 1]\} \end{aligned} \quad (9)$$

이고,

$$\begin{aligned} f\tau_1(t) &= \alpha \exp(-\beta t) \\ &\cdot \exp\{-\alpha / \beta [\exp(-\beta t) - 1]\}, t \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

가 된다.

나. n번째 재해발생 시점의 추정

n번째 재해발생 시점의 밀도함수 $f_n(t)$ 는 개별적인 밀도함수 $f_1(t)$ 로부터 다중 convolution 적분에 의해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} f_1(t) &= dm(t) / dt \cdot \exp\{-m(t)\}, t \geq 0 \\ f_2(t) &= \int_0^t f\tau_1(x_1) \cdot f\tau_2(t-x_1) dx \\ f_3(t) &= \int_0^t \int_0^{x_2} f\tau_1(x_1) \cdot f\tau_2(x_2-x_1) \end{aligned}$$

$$\cdot f \tau_3(t-x_2) dx$$

$$\vdots$$

이 식을 일반화 하면

$$f_n(t) = \exp \sum_{i=1}^{n-1} m(T_i) \int_0^t \int_0^{x_2} \dots \int_0^{x_{n-1}} m'(x_1) \cdot m'(T_1+x_2-x_1) m'(T_2+x_3-x_2) \dots m'(T_{n-1}+t-x_{n-1})$$

$$\exp \{-m(x_1) - \sum_{i=1}^{n-2} (T_i + x_{i+1} - x_i) + m(T_{n-1} + t - x_{n-1})\} dx_1 dx_2 \dots dx_{n-1}$$

이고, Laplace 변환시켜 정리하면

$$\therefore f_n(t) = \prod_{i=1}^{n-1} f \tau_i(t) \quad (11)$$

이 된다. 그러나 이 식은 재해발생 시점의 추정 과정을 일반화시킬 수는 있지만 정밀해(exact solution)를 구하기는 어렵고 $f \tau_n(t)$ 의 형태에 따라 달라진다.

다. 재해발생 건수의 추정

만약 재해발생 건수 $\{N_t, t \geq 0\}$ 가 연속 기대값함수 $m(t)$ 를 갖는 non-homogeneous process라 하면, n번째 재해가 시간간격 $[t, t+s]$ 에서 일어날 확률, 즉 $t \leq T_n \leq t+s$ 일 확률은 $m(t) \leq n \leq m(t+s)$ 일 확률과 같다. 이때, 시간간격 $[t, t+s]$ 사이의 평균 재해발생 건수 $m(t,s) = m(t+s) - m(t)$ 를 갖는 Poisson 분포를 따른다.^{9,13)}

$$P \{N_{t+s} - N_t = k\} = \frac{[m(t+s) - m(t)]^k \cdot \exp\{-[m(t+s) - m(t)]\}}{k!} \quad (12)$$

$$k=0, 1, 2, \dots, t>0, s>0$$

여기서 N_t 는 비감소이고, 우방연속(right-continuous)이라는 특성을 갖는다.

특히,

$$P \{N_\tau = 0\} = \exp\{-m(\tau)\}$$

가 되어 식 (6)의 결과를 확인할 수 있다.

이상과 같은 재해발생률에 대한 결론을 종합해 보면 다음과 같다. 재해발생률이 시간에 따라 변화하는 경우에는 재해발생 간격의 분포는 식 (3), 재해발생 시점은 식 (11), 재해발생 건수의 분포는 식 (12)로부터 구할 수 있다. 특히 무재해운동과 관련된 첫번째 재해 발생까지의 경과 시간은 식 (6)과 관계있다.

3. 재해발생률의 예측

무재해 기록은 시간이 경과함에 따라 확장 지속되는 재해간격이라고 볼 수 있기 때문에 재해발생 간격, 즉 재해발생률의 역수를 구하는 것이 중요하며, 결국 재해발생률의 추정이 매우 중요하다.

일반적으로 재해 통계에는 도수율이 많이 발표되는데 도수율과 재해발생률 관계로부터 재해발생률을 예측한다.

3-1 회귀분석을 이용한 예측

花安繁郎^{14,15)}은 Poisson process의 parameter $\lambda(t)$ 가 선형적으로 변화한다는 가정하에 선형회귀식으로부터 재해발생률을 추정했다.

이 방법을 우리나라 사업장에 적용시켜 재해발생률의 년차변화를 살펴보면 제조업의 경우에는 다음과 같이 나타났다.

$$E_{y_t} = (-0.0449t + 10.855) / 100 \quad (13)$$

이 경우 국내의 제조업의 경우에는 해마다 감소하는 추세에 있다고 볼 수 있으나 이러한 추정은 재해발생률이 일정한 경향을 계속 유지한다는 가정하에 유도되어서 모든 사소한 변화는 무시되어 오직 선형적인 증감만을 반영하므로 계절적 변화나 불규칙 변동 등을 반영하는데는 민감하지 못하다. 따라서 최근의 변화를 민감하게 반영하기 위해서는 좀 더 현실적인 예측방법이 요구된다.

3-2 시계열분석을 이용한 예측

시계열분석은 과거의 현실적인 통계자료를 수학적 으로 분석하여 시계열함수를 도출하고 이에 따라 가까운 장래를 표현하여 예측하는 방법으로 대표적인 기법으로는 다음과 같은 것이 있다.^{2,3,10)}

가. 단순 이동평균법(Simple Moving Average Method)

$$E_{y_t} = (\lambda_{y_{t-1}} + \lambda_{y_{t-2}} + \dots + \lambda_{y_{t-n}}) / n \quad (14)$$

나. 가중 이동평균법(Weighted Moving Average Method)

$$E_{y_t} = \alpha_1 \lambda y_{t-n+1} + \alpha_2 \lambda y_{t-n+2} + \dots + \alpha_n \lambda y_{t-1} \quad (15)$$

다. 지수평활법(Exponential Smoothing Method)

$$E_{y_t} = E_{y_{t-1}} + \alpha (\lambda y_{t-1} - E_{y_{t-1}}) \quad (16)$$

이상과 같은 각 시계열분석으로 노동부 산업재해 통계자료를 각 업종, 규모별로 적용해 본 결과 기법별로 그 예측기간이나 기타 변수(평활상수등)를 변화시켰을 때 SSE (Sum of Squared Errors)는 각각 다르게 나타나고 있다.

국내 제조업의 '86년부터 '90년까지의 자료를 근거로 분석해 본 결과 Table 1과 같이 SSE가 최소인 최적기법은 지수평활법이었는데, 각 기법별로 시계열분석한 결과를 Fig.1에 나타냈다.

Table 1. Comparison of SSE (Manufacturing industry)

기 법	SSE
선형회귀분석법	69.477
단순이동평균법	71.329
가중이동평균법	69.160
지수평활법	23.084

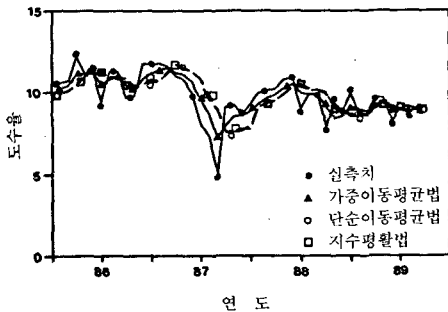


Fig. 1 Time-series analysis of accident frequency rate (Manufacturing industry)

4. 무재해 목표시간의 설정과 목표달성 확률

4-1 무재해 목표달성 확률의 계산

무재해 목표달성 확률의 계산은 다음과 같은 순서로 행한다.

- ① 업종을 선택한다.
- ② 규모를 선택한다.

「사업장 무재해운동 운영 규정」에는 각 사업장 규모를 50인 미만, 50~300인, 300인 이상 사업장 등 3개 규모로 구분하여 목표시간을 설정하였고, 노동통계 자료에는 7개 규모로 세분화 하고 있다.

③ 예측기법들중 SSE가 가장 적은 기법을 재해발생률의 최적 예측 기법으로 선택한다.

④ 선택된 최적 예측기법을 이용하여 재해발생률 E_t 을 예측한다. 본 연구에서는 국내의 재해율 자료를 충분히 입수하기가 곤란하여 노동부가 공식적으로 발표한 연도별 자료만을 근거로 분석하였다.

⑤ 규모별 무재해 목표시간을 선택한다.

⑥ 무재해 목표시간의 달성확률을 구한다.

다음은 사업장에서 무재해 목표달성 확률을 계산해 보는 실례로, 각 규모별 무재해 목표시간을 알면 무재해 목표달성 확률을 구할 수 있다.

〈예 1〉

'90년도 섬유 및 섬유제품 제조업(6업종)의 재해발생률을 근거로 규모별 목표시간의 달성확률을 계산하고자 한다면,

① 대상 업종은 섬유 및 섬유제품 제조업(6업종)일 때

② 규모는 7개로 구분한다.

③ 최적 예측기법으로 지수평활법을 선택한다.

④ 선택된 최적 예측기법을 이용하여 재해발생률 E_t 를 예측한다. 예측 결과는 Table 2와 같고 이를 도시한 것이 Fig. 2이다.

⑤ 무재해 목표시간을 결정한다.

현행 무재해운동 운영규정에 의하면⁴⁾ 무재해 목표시간은 50인 미만의 사업장은 600일, 50~300인의 사

업장은 450일, 300인 이상의 사업장은 230만 시간이 ⑥ 무재해 목표달성 확률을 구한다.
다.

Table 2. Expected injury rate by industry size(건/만 시간)

규모(인)	λ_{90}	E_{91}	E_{92}	E_{93}	E_{94}	E_{95}
50미만	14.45	12.81	13.79	13.20	13.55	13.34
50~99	8.34	10.33	9.14	9.85	9.42	9.68
100~199	7.26	10.13	8.41	9.44	8.82	9.19
200~299	6.20	7.71	6.80	7.35	7.02	7.22
300~499	5.18	7.55	6.13	6.98	6.47	6.78
500~999	4.27	7.11	5.41	6.43	5.82	6.18
1000이상	9.14	9.28	9.20	9.25	9.22	9.24

식 (7)에 의해 일반적인 재해발생을 함수의 형태 와 Table 2를 이용하여 각 규모별 계산 결과를 표로 정리하면 Table 3과 같다.

$$\lambda y(t) = \alpha_i \exp(-\beta_i t), \quad i-1 \leq t \leq i,$$

$$i=1, 2, 3, \dots$$

Table 3. Computation of reasonable zero-accident goal achievement probability

구 모	재해발생률		평균 재해건수 $m(t)$	무재해 달성확률 $P\{\tau > t\}$
	$\lambda_{y_{90}}$	$E_{y_{91}}$		
50인 미만	14.45	12.81	$\int_0^1 14.45(14.45/12.81)^{-w}dw + \int_1^2 12.81(12.81/13.79)^{1-w}dw$	2.00×10^{-12}
50~99인	8.34	10.33	$\int_0^1 8.34(8.34/10.33)^{-w}dw + \int_1^{1.5} 10.33(10.33/9.14)^{1-w}dw$	6.90×10^{-7}
100~199인	7.26	10.13	$\int_0^1 7.26(7.26/10.13)^{-w}dw + \int_1^{1.5} 10.13(10.13/8.41)^{1-w}dw$	1.44×10^{-6}
200~299인	6.20	7.71	$\int_0^1 6.20(6.20/7.71)^{-w}dw + \int_1^{1.5} 7.71(6.80/7.71)^{1-w}dw$	5.24×10^{-6}
300~499인	5.18	7.55	$\int_0^1 5.18(5.18/7.55)^{-w}dw + \int_1^2 7.55(7.55/6.13)^{1-w}dw$	7.30×10^{-10}
500~999인	4.17	7.11	$\int_0^1 4.27(4.27/7.11)^{-w}dw + \int_1^{1.92} 7.11(7.11/5.41)^{1-w}dw$	1.10×10^{-5}
1000인 이상	9.14	9.28	$\int_0^{0.958} 9.14(9.14/9.28)^{-w}dw$	1.10×10^{-4}

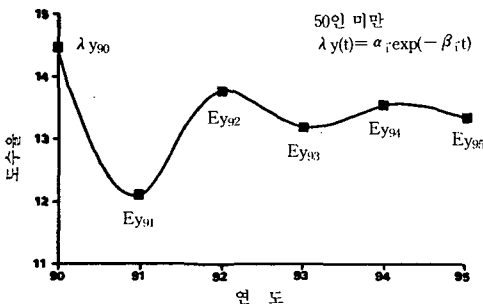


Fig. 2 Mathematical model for accident frequency rate fluctuation (Manufacturing industry)

4-2 무재해 목표시간의 설정

무재해 목표시간을 설정하는 방법은 목표달성 확률을 계산하는 방법과 그 원리가 같다.

- ① 업종을 선택한다.
- ② 규모를 선택한다.
- ③ 최적 예측기법을 선택한다.
- ④ 선택된 최적 예측기법을 이용하여 재해발생률 E_t 을 예측한다.
- ⑤ 각 사업장의 목표치를 설정하거나 회사의 방침

으로부터 무재해 목표달성 확률을 설정한다.

⑥ 얻어진 재해발생 분포식으로부터 무재해 목표시간을 구한다.

(예 2)

'90년도 사망자가 가장 많았던 섬유 및 섬유제품 제조업(6업종)에 대해 규모별 무재해 목표시간을 설정하고자 한다면

- ① 대상 업종은 섬유 및 섬유제품 제조업(6업종)일 때
- ② 규모는 7개로 구분한다.
- ③ 최적 예측기법으로 지수평활법을 선택한다.

④ 최적 예측기법을 이용하여 재해발생률을 구한다.

⑤ 주어진 기간동안 무재해 달성확률을 설정한다.

$$R_0 = 1 \times 10^{-5} \text{ 이라면}$$

⑥ 무재해 목표시간을 산정하는 방법은 다음과 같다.

식 (6)를 변형하여

$$-\ln R_0 = m(\tau) = \int_0^{\tau} \lambda y(t) dt$$

를 만족하는 최소의 τ 값을 구하면 된다.

이상과 같은 방법에 의한 각 규모별 계산 결과를 표로 정리하면 Table 4와 같다.

Table 4. Reasonable zero-accident goal period

규 모	재해발생률		목표달성확률 $m(\tau)$	무재해 목표시간* τ
	λy_{90}	$E y_{91}$		
50인 미만	14.45	12.81	$\int_0^{\tau} 14.45(1.1280)^{-t} dt$	0.8376년 (251일)
50~99 인	8.34	10.33	$\int_0^1 8.34(8.34/10.33)^{-t} dt + \int_1^{\tau} 10.33(10.33/9.14)^{1-t} dt$	1.2171년 (365일)
100~199인	7.26	10.13	$\int_0^1 7.26(7.26/10.13)^{-t} dt + \int_1^{\tau} 10.13(10.13/8.41)^{1-t} dt$	1.2845년 (385일)
200~299인	6.20	7.71	$\int_0^1 6.20(6.20/7.71)^{-t} dt + \int_1^{\tau} 7.71(7.71/6.80)^{1-t} dt$	1.6181년 (485일)
300~499인	5.18	7.55	$\int_0^1 5.18(5.18/7.55)^{-t} dt + \int_1^{\tau} 7.55(7.55/6.13)^{1-t} dt$	1.7469년(125만시간)
500~999인	4.17	7.11	$\int_0^1 4.27(4.27/7.11)^{-t} dt + \int_1^{\tau} 7.11(7.11/5.41)^{1-t} dt$	1.9489년(234만시간)
1000인 이상	9.14	9.28	$\int_0^1 9.14(9.14/9.28)^{-t} dt + \int_1^{\tau} 9.28(9.28/9.20)^{1-t} dt$	1.2484년(300만시간)

업종과 규모에 따라 각각의 모든 예를 보이는 것이 좋겠으나, 최적 예측기법을 택하는 과정과 목표시간을 설정하는 데 소요되는 노력이 지나치게 방대하므로 본 연구에서는 섬유제품 제조업에 대해서만 예시하였다. 그러나 본 기법은 모든 업종, 모든 규모에 적용 가능하다.

이러한 방법에 따르면 주어진 목표를 달성할 수 있는 확률을 바로 이해할 수 있어 목표달성 형평을 기할 수 있으며 포상 기회도 객관적이고 균등해진다는 합리성이 보장된다.

5. 고찰 및 제언

재해발생률 예측시 첫번째 고려 요인으로는 사업장 규모를 들 수 있다. 사업장 규모별로 도수율의 연차변화를 살펴보면 해마다 감소하고 있는데, 비율을 보면

300인 이하의 중소기업이 전체 재해발생의 60% 이상을 차지하고 있어 소규모 사업장의 도수율이 일반적으로 높고 매년 감소 비율은 대규모 사업장에 비해 적은 것이 특징이다.

무재해 달성 확률을 대, 소규모 사업장별로 비교해 보면 대규모 사업장이 소규모 사업장보다 달성확률이 낮은데도 대규모 사업장에 무재해 달성 사업장이 많다. 물론 대규모 사업장의 무재해운동 참여율이 높기 때문에 달성 사업장도 많겠지만 소규모 사업장의 경우 달성확률이 대규모 사업장에 비해 높은데도 달성 사업장이 적은 것은 열악한 환경요인이 내재되어 있기 때문이라고 생각된다. 이러한 현상은 제조업뿐만 아니라 타업종에도 마찬가지로 사실에서도 입증된다.

두번째 고려요인은 업종 구분이다.

과거 10년간의 도수율을 산업별로 살펴보면 광업을

제외한 산업에 대해서 도수율은 해마다 감소하고 있지만 업종에 따라 그 변화의 경향이 다르다.

광업은 타업종에 비해 월등히 높고, 全産業과 제조업의 변화는 거의 비슷한 경향을 보이고 있다. 이것은 '90년의 경우 全 사업장수 중 제조업 사업장수가 절반이 넘고, 全 근로자수 중 제조업 근로자수도 절반 정도나 되어 제조업의 경향에 全産業이 지배되고 있기 때문이다.

따라서 재해 현상을 충분히 반영하는 명확한 업종구분이 되어야 하고 재해 다발업종이나 발생률이 상대적으로 높은 업종도 무재해운동 참여 후 개선여하에 따라 분발할 수 있게 목표시간 설정에 배려를 하여야 한다.

앞으로 안전활동이 사업장에 정착됨에 따라 사업장단위로 산업재해 통계를 작성하고 발생된 재해의 경향을 여러가지의 각도에서 관리하여 안전관리상의 자료로 이용하는 사업장이 더 많아져야 한다.

그러나 현재의 방법에는 몇가지 문제점이 있다. 1.5.6.7.16) 그 이유는 재해율 산정에 있어서 도수율, 천인율, 강도율은 시기에 따라 안전성 변화를 적절히 반영하지 못하기 때문에 정확한 안전성 평가의 척도로써 민감하지 못하기 때문이며 또한 재해가 일어난 기본현상만 갖고 재해율을 산정하기 때문에 재해 잠재위험의 파악에 소홀해져 근본적인 위험요소의 색출이 어렵기 때문이다.

현실적이고 효율적으로 무재해를 지향하기 위해서는 재해다발 사업장의 참여를 유도해야 한다. 대부분의 소규모 사업장은 경영자의 안전의식이 부족하고 안전관리 체제가 미흡한 실정이라서 재해가 빈번한 사업장의 경우 참여가 저조하다. 실질적으로 위험요인이 적은 사업장보다는 오히려 위험 요인이 많은 사업장에 활성화되어야 하며, 재해 다발 업체의 참여를 위해 현재 실시하고 있는 목표시간을 재조정할 필요가 있다. 그렇지 않으면 항상 목표는 목표로만 존재하게 되어 참여자 동기의 적정수준 유지가 불가능하고 운동의 질적 수준을 저하시키는 결과가 될 수도 있다.

이상과 같은 여러가지 고려사항이 무재해 목표시간 설정에 반영된다면 각 근로자의 안전의식이 향상되고,

참여 의욕도 증가하며 무재해운동이 산업사회 전반에 정착되리라 믿는다.

5. 결 론

사업장별 무재해 목표시간 설정에 관하여 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 재해발생 과정은 수리적 모형으로 단순화시킬 수 있다. 재해발생률이 시간에 따라 변화하는 현실은 몇 가지 가정을 전제로 하면 Poisson process로 모형화되고, 수리적분석이 가능하다.

둘째, 무재해운동은 재해발생 간격이라는 확률변수의 개념으로 파악할 수 있다. 따라서 포상 기준 등의 행정규정이 객관적이고 합리적이라면 균등한 목표달성확률이 보장되어야 한다. 안전 경영정책에 따라 목표달성확률이 결정되면, 합리적인 목표시간은 재해발생 분포식에 근거하여 설정되어야 한다.

셋째, 재해발생률이 최적 예측방법은 업종이나 규모에 따라 다를 수 있다. 종래의 선형회귀분석은 최근의 재해발생 경향을 파악하는 데 민감하지 못하므로 재해발생을 변화예측에 부적합하다. 이런 점에서는 시계열 분석 방법이 더 적합하다.

이상의 결론과 아울러 각 업종 규모별로 합리적인 무재해 목표시간 설정 방법을 제시하였다.

참고문헌

- 1) 노동부, “노동백서”, 1986-1990.
- 2) 노동부, “노동통계 연감”, 1990
- 3) 노동부, “매월노동통계보고서”, 1986-1990
- 4) 노동부, “사업장 무재해운동 운영 규정”, 1989
- 5) 노동부, “산업재해분석”, 1982-1991
- 6) 최승일, “사업장별 무재해 목표시간의 합리적 설정”, 석사논문, 충북대학교 대학원, 1992
- 7) 한국산업안전공단, “산업안전 장단기 발전계획”, 1989
- 8) D.P. Heyman, Stochastic Model, Volume 2, North-Holland, 1990

- 9) D.Kannan, An Introduction to Stochastic Process, North Halland, 1979
- 10) G.M.Jenkins, and G.E.P. Box, Time Series Analysis, Holden-day, 1976
- 11) E.Cinlar, Introduction to Stochastic Process, Prentice-Hall, 1975
- 12) E.Parzen, Stochastic Process, Holden-day, 1962
- 13) M.L.Shooman, Probabilistic Reliability: An Engineering Approach, McGraw-Hill, 1968
- 14) 花安繁郎, “災害發生間隔の分布について”, 産業安全研究所技術資料, 労働省産業安全研究所, RIIS-TN-76-2, 1976
- 15) 花安繁郎, “災害發生間隔の分布に関する研究”, 産業安全研究所技術資料, 労働省産業安全研究所, RIIS-RR-26-3, 1977
- 16) 柴田俊忍, “小規模事業場における労働災害度数率に関する考察”, 安全工学, Vol.23 No.1, 1984